

Sigurnost u skladištenju, transportu, čuvanju i korištenju plinskih boca propan butan

Drenški, Adrian

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:795091>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu
Odjel sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Adrian Drenški

**Sigurnost u skladištenju, transportu,
čuvanju i korištenju plinskih boca
propan butan**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.sc. Zvonimir Matusinović

Karlovac, 2019. godine



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J.J.Strossmayera 9

HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: SIGURNOSTI I ZAŠTITA
(označiti)

Usmjerenje: ZAŠTITA OD POŽARA

Karlovac, 2019.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: ADRIAN DRENŠKI

Matični broj: 0416616082

Naslov: Sigurnost u skladištenju, transportu, čuvanju i korištenju plinskih boca propan butan.

Opis zadatka: Cilj zadatka je objasniti mjere sigurnosti kod postupanja s plinskim bocama propan butan.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum: obrane:

__04/2019__

__06/2019__

__01.07.2019.__

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Dr.sc. Zvonimir Matusinović, predavač

dr. sc. Nikola Trbojević, prof. v.š.

PREDGOVOR

Ovim putem želio bih se zahvaliti svojem mentoru, dr.sc. Zvonimiru Matusinoviću na pruženoj stručnoj pomoći prilikom pisanja završnog rada. Najviše se zahvaljujem svojoj obitelji te kolegama i prijateljima koji su mi pružili podršku tijekom studiranja na Veleučilištu u Karlovcu.

Hvala Vam!

SAŽETAK

Ukapljeni naftni plin ima vrlo široku uporabu kao energent koji se sve više koristi u domaćinstvu, u poljoprivredi, ugostiteljstvu i turizmu te kao pogonsko gorivo vozila. Jedan od načina korištenja ukapljenog naftnog plina je preko plinskih boca, najčešće propan-butan plinskih boca čije korištenje se iz godine u godinu povećava, ponajviše napretkom razvoja konstrukcija samih plinskih boca koje postaju sve sigurnije za korištenje. Ovaj završni rad bazira se na sigurnosti prilikom skladištenja, čuvanja, transporta i korištenja plinskih boca zbog toga što incidenti s plinskim bocama predstavljaju veliku opasnost za ljude i imovinu ukoliko su neispravne ili se nepravilno i nestručno koriste. U uvodnom dijelu rada obrađen je ukapljeni naftni plin općenito dok se u većem dijelu rada opisuju same plinske boce kao i postupanje s njima od skladištenja, čuvanja, transporta i korištenja. Također, u radu je opisano gorenje i požar plinova kao i njihovo gašenje. U eksperimentalnom dijelu rada opisan je događaj iz prakse gdje je došlo do eksplozije plina iz plinske boce u stanu te postupanje službi.

Ključne riječi: ukapljeni naftni plin, plinske boce, sigurnost, požar, eksplozije.

SUMMARY

Liquified petroleum gas is widely used as an energy source, it is increasingly used in households, agriculture, catering and tourism and as a fuel for vehicle. One of the ways of using liquified petroleum gas is through gas cylinders, most often propane-butane gas cylinders, whose use grows year after year, mostly through the progress of the construction of self-contained gas cylinders that become safer for use. This final paper is based on safety during storage, transport and use of the gas cylinders because the accidents with gas cylinders represent a great danger for people and property in case they are defective, or used unprofessionally. Introductory part of this final paper is about liquified petroleum gas in general, while most of the work describes gas cylinders themselves as well as their storage, transport and use. Also, burning and fire of gases as well as extinguishing are described in this paper. In the experimental part of the paper a practice event was described where gas explosion from the gas cylinder in the apartment and treatment of the service occurred.

Key words: liquified petroleum gas, gas cylinders, safety, fire, explosion

Sadržaj

1. UVOD	1
2. UKAPLJENI NAFTNI PLIN (UNP)	2
2.1 Proizvodnja ukapljenog naftnog plina	3
2.1.1 Proizvodnja iz prirodnog plina	3
2.1.2 Proizvodnja iz nafte	4
2.2 Svojstva UNP	4
2.3 Kemijski sastav	5
2.4 Tlak zasićenja	6
2.5 Svojstva trgovačkog UNP-a	8
2.6 Odorizatori	8
2.6.1 Svojstva odoranata	9
2.7 Mjere sigurnosti pri uporabi	9
2.8 Primjena UNP-a	10
3. PLINSKE BOCE	11
3.1 Podjela plinskih boca	12
3.2 Male boce	12
3.3 Velike boce	13
3.3.1 Plinska boca nazivne mase punjenja do 10 kg	13
3.3.2 Plinska boca nazivne mase punjenja 35 kg	14
3.4 Dijelovi plinske boce	16
3.5 Ostale vrste plinskih boca	17
3.5.1 Aluminijska plinska boca	17
3.5.2 Kompozitne plinske boce	18
4. SIGURNO SKLADIŠTENJE I DRŽANJE PLINSKIH BOCA	19
4.1 Sigurno skladištenje boce UNP-a	19
4.1.1 Skladištenje na otvorenom prostoru ili pod nadstrešnicom ...	20
4.1.2 Skladištenje plinskih boca u građevini	22
4.2 Držanje plinskih boca	23
5. PRIJEVOZ PLINSKIH BOCA	24
5.1 Prijevoz opasnih tvari	24
5.2 Razred 2 – prijevoz plinova – plinskih boca	25
5.3 Označavanje vozila	27

5.4 Listice opasnosti	28
6. KORIŠTENJE I POSTUPANJE S PLINSKOM BOCOM.....	29
6.1 Korištenje plinske boce	29
6.2 Postupanje s plinskom bocom	29
7. POŽAR I EKSPLOZIJA PLINOVA.....	31
7.1 Proces gorenja	31
7.2 Gorenje plinova	34
7.3 Prupaljivanje plinova	35
7.4 Požar	36
7.4.1 Razredi požara	37
7.4.2 Požari plinova – razred „C“	37
7.5 Gašenje požara plinova	38
7.5.1 Učinci gašenja	38
7.6 Eksplozija plinova	39
7.6.1 Fizikalna eksplozija	40
7.6.2 Kemijska eksplozija	41
7.7 Preventivno djelovanje	42
7.8 Incidenti plinskom bocom	43
7.8.1 Istjecanje plina u atmosferu	43
7.8.2 Nekontrolirano zapaljenje na instalaciji ili trošilu	44
7.8.3 Zagrijavanje plinske boce	44
8. EKSPERIMENTALNI DIO	47
9. ZAKLJUČAK.....	52
10. LITERATURA	53
11. POPIS PRILOGA	55
12. REFERENCE	56

1. UVOD

U svijetu kao i u Republici Hrvatskoj sve više se primjenjuje ukapljeni naftni plin kao energetska gorivo. Jedna od takvih uporaba je korištenje pomoću plinskih boca, najčešće mješavina propan butan plina.

Svakodnevno smo svjedoci čestih nesreća s plinskim bocama koje imaju za posljedicu stradavanje ljudi i velike materijalne štete. Kako bi se plinske boce mogle sigurno skladištiti, čuvati, transportirati te koristiti potrebno je poduzeti mjere i radnje da ne dođe neželjenih situacija kao što je prevrtanje boca, izlaganje boca visokim temperaturama, nepravilno držanje boca, istjecanje sadržaja te eksplozije smjese proizašlog plina iz boce kao najgoreg mogućeg scenarija.

Transport plinskih boca zahtijeva maksimalno poštivanje zadanih propisa za prijevoz opasnih tvari te pravilno označavanje vozila namijenjena prijevozu boca.

U slučaju da dođe do istjecanja plina kako u skladištenju, transportu tako i prilikom primjene bitno je znati kako postupati s plinskom bocom ili bocama odnosno kako ugasiti plamen ili eventualno kako hladiti spremnik ili bocu s plinom.

2. UKAPLJENI NAFTNI PLIN (UNP)

Ukapljeni naftni plin je smjesa zasićenih ugljikovodika propana i butana odnosno njegovih izomera te propena, butena, etana i etena u različitim omjerima. U međunarodnom prometu označava se kraticom LPG što u prijevodu na engleskom jeziku znači Liquified petroleum gas, dok se na njemačkom jeziku kaže Flüssiggas, a u talijanskom i francuskom jeziku koristi se kratica GPL (Gaz – pétrolier liquéfiable – francuski jezik, Gaz di petrolio liquefatti – talijanski jezik). Zbog komercijalnih svrha najčešće se koristi naziv propan – butan. Naziva se ukapljeni jer se kod niskog tlaka pretvara u tekućinu i u takvom se stanju prevozi i skladišti.

UNP je vrlo prikladan za prijevoz, skladištenje i primjenu. Najčešće se koristi u kućanstvima kao gorivo u sustavima grijanja i pripreme potrošnje tople vode te za pripremu hrane, čest je i u gospodarstvu (gorivo u poljoprivrednim i industrijskim pogonima, u turizmu i sl.), a za pogone motornih vozila se koristi još od 1920. godine.[1]

Neotrovan je, bez boje i mirisa pa mu se dodaje odorant za otkrivanje u slučaju propuštanja instalacije. Granice eksplozivnosti su mu uske, ali niske, a kako je teži od zraka, iz zatvorenih prostora sporo otječe u atmosferu.

Sastav UNP-a propisuje norma DIN 51 622 prema kojoj on nastaje miješanjem struja propana i butana u sastavu:

- propan ili propen s najmanje 95% masenog udjela, a ostatak može činiti etan, eten, butan ili buten.
- butan ili buten s najmanje 95% masenog udjela butana, a ostatak može činiti propan, propen, pentan i penten.

2.1 Proizvodnja ukapljenog naftnog plina

Glavne sirovine za proizvodnju ukapljenog naftnog plina su sirova nafta i prirodni plin. 60% ukupne proizvodnje otpada na postrojenja za preradu prirodnog plina bogatih ugljikovodicima s tri i četiri ugljikova atoma, dok se ostatak proizvodi u rafinerijama nafte. Kod prerade nafte čini 4,5 % masenog, a kod prerade plina oko 4% volumnog udjela proizvodnje.

2.1.1 Proizvodnja iz prirodnog plina

Propan i butan osnovni su sastojci ukapljenog naftnog plina koji u većem ili u manjem omjeru sudjeluju i u sastavu sirovog prirodnog plina. Njihov je udio promjenjiv i ponajviše ovisi od polja do polja te čak i od bušotine do bušotine na istom polju. Prilikom prerade sirovog prirodnog plina izdvajaju se samo viši ugljikovodici, a posebnim postupkom se izdvajaju te nastaju etan, propan, n-butan i izo-butan. Iz njihovih struja miješanjem u odgovarajućem omjeru nastaje ukapljeni naftni plin.

Postoje dvije skupine postupaka za izdvajanje viših ugljikovodika :

1. Postupak bez hlađenja ili uz umjereno hlađenje: apsorpcija (s hlađenjem i bez njega), adsorpcija, kompresija i jednostupanjsko vanjsko hlađenje.
2. Kriogeni postupci: (uz pothlađivanje) – višestupanjsko vanjsko hlađenje te ekspanzija s vanjskim hlađenjem i s hladnom komorom.

Izbor postupaka ovisi o ulaznom plinu, njegovom tlaku, željenom udjelu pojedinih proizvoda kao i ušteda pri proizvodnji.[2]

2.1.2 Proizvodnja iz nafte

Tijekom prerade sirove nafte dobivaju se ugljikovodici koji čine ukapljeni naftni plin. Jedan dio tih ugljikovodika izdvaja se za frakcijsku destilaciju u kojoj se dalje proizvodi laki benzin, petrolej, loživo i plinsko ulje i teški ostaci. Takav ukapljeni naftni plin nije prikladan za uporabu zbog visokog udjela sumpora te je stoga potrebno daljnje prerađivanje ili se koristi kao gorivo za procese prerade.

2.2 Svojstva UNP

U tablici 1 dana su svojstva ukapljenog naftnog plina.

Tablica 1. Svojstva ukapljenog naftnog plina.[2]

Svojstva LPG-a		
Kemijska formula	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Molarna masa	44,09	58,12
Specifična težina u plina odnosu na zrak (zrak = 1)	1,5	2
Specifična težina tekućine u odnosu na vodu (voda = 1)	0,51	0,575
Točka ključanja (°C)	-42	-0,5
Točka smrzavanja (°C)	-186	-150
Donja ogrijevna moć kapljevine kcal/kg	11 000	10 900
Donja ogrijevna moć kapljevine kJ/kg	46 000	45 600
Gornja ogrijevna moć kapljevine kcal/kg	11 900	11 800
Gornja ogrijevna moć kapljevine kJ/kg	49 800	49 400
Donja ogrijevna moć plina kcal/kg	22 600	29 000
Donja ogrijevna moć plina kJ/kg	94 600	121 300
Gornja ogrijevna moć plina kcal/kg	24 000	30 700
Gornja ogrijevna moć plina kJ/kg	100 400	128 500
Temperatura zapaljenja (°C)	450-500	420-490
Temperatura plamena (°C)	1 970	1 975
Kritični tlak (bar)	45,5	37,8

2.3 Kemijski sastav

Ukapljeni naftni plin je u standardnim uvjetima plin koji je teži od zraka, a proces ukapljivanja odvija se pri vrlo niskim tlakovima (od 1,7 do 7,5 bara) pri čemu se volumen smanjuje čak 270 puta. Proizvodi se iz nafte i naftnih plinova rafinerijskom preradom ili obradom sirovog prirodnog plina. Plin je neotrovan, bez boje, mirisa u svojem izvornom obliku, a radi prepoznatljivosti plina mirisom dodaju se spojevi sa specifičnim mirisom.

Kod ukapljenog naftnog plina postoje dva agregatna stanja, kapljevitost i plinovitost, te tri faze ponašanja plina u zatvorenom spremniku pri određenim uvjetima: kapljevitost, plinovitost i parovitost. Za prelazak iz jedne u drugu fazu potrebno je odvesti ili dovesti toplinu. Pri okolnoj temperaturi u zatvorenom spremniku pod tlakom se uvijek nalaze dvije faze: kapljevitost i parovitost u međusobnoj ravnoteži, pri čemu je parovita faza (zasićena para) posljedica uzimanja topline iz okoline koja se nalazi u neposrednoj blizini.

U takvom stanju ravnoteže ne dolazi do isparavanja kapljevine kao niti do ukapljivanja parovite faze, a promjene jedino mogu doći povišenjem ili sniženjem temperature (odvođenjem ili dovođenjem topline) ili tlaka.

Ukapljeni naftni plin nastaje miješanjem struja komercijalnog propana i butana u propisanom omjeru, što ovisi o načinu proizvodnje i zahtjevima kvalitete. Ukapljeni naftni plin sadržava jako zanemarive udjele ugljikovodičnih tvari kao što su voda, dušik, kisik, amonijak, sumpor i njegovi spojevi. Amonijak, sumpor i voda ubrajaju se u štetna oštećenja.

Amonijak – djeluje korozivno posebno za dijelove instalacija od bakra ili njegovih slitina.

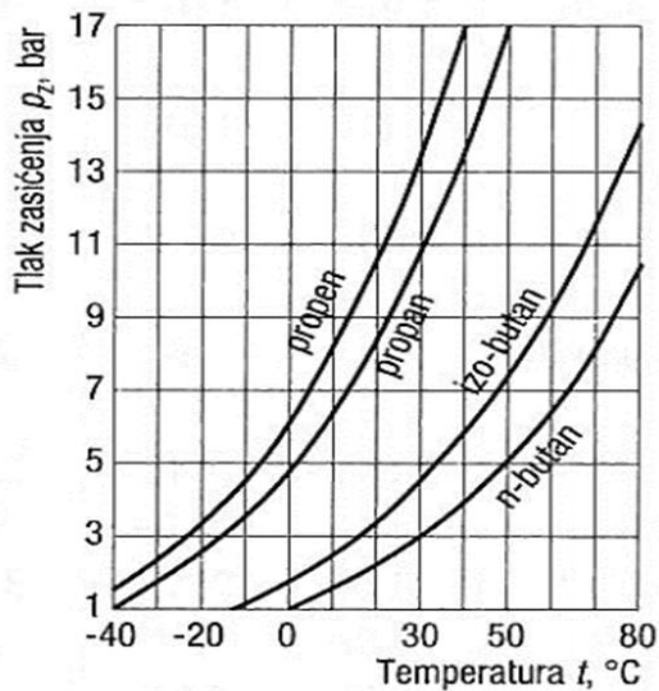
Sumpor – djeluje otrovno pogotovo kao sumporovodik, a prilikom izgaranja uzrokuje smetnje: onečišćenje okoliša sumpornim spojevima i stvaranje agresivnih spojeva u reakciji s vodom iz dimnih plinova.

Voda – stvara čvrste hidrate nakon što se spoji s ugljikovodicima dok zimi uzrokuje smrzavanje nekih dijelova instalacija (npr. ventila, slavina).

Ukapljenom naftnom plinu se često dodaju tvari za poboljšanje određenih svojstava, najčešće metanol koji služi kao sredstvo protiv smrzavanja (1 do 1,5 litara metanola na m^3 plina) ako plin sadrži veće količine vlage te obavezno miris – odorant kako bi se otkrilo nekontrolirano istjecanje plina.[3]

2.4 Tlak zasićenja

Tlak zasićenja je jedna od najvažnijih veličina koje opisuje ponašanje ukapljenog naftnog plina. To je tlak kod kojega se parovita i kapljevita faza u zatvorenom spremniku nalaze u međusobnoj ravnoteži. Ovisi o vrsti tvari i temperaturi tj. o vrelištu



Slika 1. Dijagram krivulje zasićenja ukapljenog naftnog plina.[1]

Dijagram grafički prikazuje krivulju zasićenja iznad koje samo postoji kapljevita, a ispod nje samo plinovita faza. Parovita faza postoji samo pri tlaku zasićenja.

U tablici 2 prikazan je tlak zasićenja po omjerima miješanja propana i butana prema temperaturi.

Tablica 2. Tlak zasićenja po omjerima propana i butana prema temperaturi.[1]

Udio propana %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Udio butana %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
temperatura t, °C	TLAK ZASIĆENJA, p bar										
-40	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
-35	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-30	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
-25	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-20	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
-15	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-10	3,4	3,1	2,9	2,7	2,5	2,2	1,9	1,6	1,3	1,0	0,7
-5	4,0	3,7	3,4	3,1	2,8	2,5	2,3	1,9	1,6	1,2	0,8
0	4,7	4,4	4,1	3,7	3,4	3,0	2,6	2,3	1,9	1,5	1,0
5	5,5	5,2	4,8	4,4	4,0	3,6	3,1	2,5	2,2	1,8	1,2
10	6,3	6,1	5,6	5,2	4,7	4,2	3,7	3,0	2,5	2,1	1,4
15	7,3	7,0	6,5	6,0	5,0	4,9	4,3	3,7	3,0	2,5	1,7
20	8,3	7,9	7,4	6,9	6,3	5,7	5,0	4,3	3,6	2,8	2,1
25	9,5	9,0	8,3	7,8	7,2	6,5	5,8	5,0	4,2	3,3	2,5
30	10,8	10,2	9,5	8,8	8,1	7,4	6,6	5,8	4,8	3,8	2,8
35	12,2	11,5	10,8	10,0	9,2	8,3	7,5	6,6	5,5	4,4	3,3
40	13,7	12,9	12,3	11,3	10,4	9,5	8,5	7,5	6,3	5,1	3,8
45	15,5	14,4	13,8	12,7	11,8	10,7	9,6	8,4	7,2	5,8	4,4
50	17,3	16,2	15,4	14,4	13,2	12,0	10,8	9,5	8,0	6,6	5,0
55	19,4	18,2	17,1	16,1	14,9	13,4	12,1	10,6	9,0	7,5	5,7
60	20,9	20,4	19,1	17,8	16,5	15,0	13,4	11,9	10,01	8,3	6,4
70	25,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,1
80	31,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,2
85	34,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	36,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,6
95	39,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
96	41,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,4

2.5 Svojstva trgovačkog UNP-a

Trgovački propan butan plin je smjesa bez boje, mirisa i okusa, dvostruko teži od zraka. Za uporabu je odoriziran najčešće etil merkaptanom zbog toga da bi se njegova prisutnost mogla osjetiti njuhom. Nije otrovan, ali kod prevelike koncentracije smanjuje količine kisika u prostoriji. Kod atmosferskog tlaka i sobne temperature nalazi se u plinovitom stanju. Zbog lakše uporabe i transporta ukapljuje se pod povećanim tlakom u posebne posude (boce ili spremnici). U tablici 3 su prikazana svojstva trgovačkog propana i butana.

Tablica 3. Svojstva trgovačkog ukapljenog naftnog plina.[1]

SVOJSTVO	PROPAN	BUTAN
GUSTOĆA KAPLJEVINE PRI 15°C, kg/dm ³	≥0,502	≥0,559
TLAK ZASIĆENJA p_z , bar:		
pri 15°C	7,5	1,7
pri 50°C	11,5-19,3	6,9
DONJA OGRJEVNA VRJEDNOST H_d pri 15°C:		
MJ/kg (Kwh/kg)	46,0 (12,79)	46,6 (12,66)
MJ/m ³ (kWh/m ³)	85,3 (23,7)	109,6 (30,45)
VOLUMNI UDIO U DIMNIM PLINOVIMA		
PRI POTPUNOM IZGARANJU, %		
ugličnog dioksida (CO ₂)	13,7	14
dušika (N ₂)	86,3	86
NAJVIŠA TEMPERATURA PLAMENA U ZRAKU, °C	1915	1920
MASENI UDIO SUMPORA, %	≤0,005	≤0,005

2.6 Odorizatori

Ukapljeni naftni plin kao i prirodni plin nemaju boje, mirisa i okus pa se ne mogu zamijetiti ljudskim osjetilima. Mogu se samo osjetiti ako im se doda karakteristično sredstvo za miris – odorant, koje služi samo za otkrivanje prisutnosti neizgorjelog plina u kućanstvima i širokoj potrošnji. Svaka i najmanja dojava mirisa plina, pogotovo u zatvorenom prostoru, mora se što prije identificirati, locirati i otkloniti. Proces starenja, hladnoća i pušenje smanjuju moć osjeta dok određeni ljudi uopće ne mogu ili djelomično osjećaju odorant što je proporcionalno daltonizmu kod osjeta vida. Obavezno

je dodavanje odoranata već od 20 % donje granice eksplozivnosti (oko 0,4 % udjela u zraku prostorije).

2.6.1 Svojstva odoranata

Odoranti moraju imati tipičan, karakterističan i prepoznatljiv miris koji se ne smije brkati s drugim čestim mirisima u kućanstvu. Danas su uobičajeni odoranti na bazi sumpornih spojeva, merkaptani i sulfidi. Otrovne su i lako zapaljive kapljevine čije pare pri malim udjelima u zraku stvaraju eksplozivne smjese. Većina odoranata nalazi se na raznim međunarodnim i nacionalnim listama opasnih i otrovnih tvari, a sve zbog svojstva da nakon spaljivanja stvaraju nove opasne spojeve koji onečišćuju okoliš. U ukapljeni naftni plin se najčešće dodaju etil-merkaptan i tiofen koji sa svojim svojstvima ne utječu na ponašanje pri izgaranju.[4]

2.7 Mjere sigurnosti pri uporabi

UNP nije topiv u vodi, puno je lakši od nje i pliva na njoj pa se ne ubraja u tvari štetne za vodu. Nije otrovan ali prevelik udio u zraku uzrokuje gušenje zbog manjka kisika dok izravno udisanje njegovih para je štetno zbog narkotičkog djelovanja odnosno izaziva pospanost.

Najveći udio u zraku propana i butana iznosi 1000 ppm (0,1%). Ukoliko UNP u kapljevitom stanju dođe u dodir s kožom dolazi do njegovog naglog isparivanja, što može uzrokovati teške ozljede ili smrzotine.

Područje eksplozivnosti je relativno usko i u niskim granicama (od oko 2% do 10%), stoga treba ventilirati ili prozračivati prostoriju te ih dobro označiti odgovarajućim natpisima ili oznakama. Miris odoriranog UNP-a je oštar pa se lako može osjetiti. Osjetili se takav miris u zatvorenom prostoru nužno je ugasiti svaki plamen, dobro prozračiti prostoriju otvaranjem svih prozora i vrata te prekinuti dovod plina na zapornim ventilima. Nikako se ne smiju paliti ili gasiti svjetla niti bilo koji drugi električni uređaj ili mogući izvor zapaljenja.

Pri izgaranju, ukapljeni naftni plin troši kisik, što uzrokuje njegov manjak s teškim posljedicama za život i zdravlje osoba koje se zateknu u blizini. U prostoriji gdje se nalazi plamenik mora se omogućiti dovoljna količina zraka za izgaranje.

Spremnici i boce s ukapljenim naftnim plinom ne smiju se držati u prostorima ispod razine površine zemlje i tamo gdje postoji mogućnost njegovog istjecanja i nakupljanja u kanalima, oknima i niže smještenim prostorijama.

Spremnici s UNP postavljaju se na izolacijsku podlogu (drvo, beton) zbog sprečavanja utjecaja lutajućih struja kao što je primjerice udar groma, a spremnik i sve instalacije se obavezno trebaju uzemljiti. Spremnik se postavlja što dalje od izvora topline (kotlovnica, električne grijalice i sl.), otvorenog plamena, iskrenja i sunčevog zračenja. Utjecaj topline uzrokuje neravnotežnu fazu u spremniku. Strogo je zabranjeno prinošenje otvorenog plamena ili pušenje u blizini spremnika ili plinskih boca.

2.8 Primjena UNP-a

Primjena UNP-a se može podijeliti u pet skupina:

1. **Kućanstva, stambene i poslovne zgrade** – za pripremu hrane, potrošnju tople vode, za kuhanje i sl.
2. **Ugostiteljstvo i turizam** – gorivo u sustavima grijanja i pripreme potrošnje tople vode, za pripremu hrane, za rasvjetu i grijanje otvorenih prostora.
3. **Industrija i graditeljstvo** – gorivo u sustavima grijanja i pripreme potrošnje tople vode i proizvodnje pare, raznim proizvodnim procesima, za rezanje i zavarivanje.
4. **Poljoprivreda** – gorivo u sustavima grijanja staklenika, za uništavanje korova.
5. **Promet** – pogonsko gorivo u motorima s unutarnjim izgaranjima.

3. PLINSKE BOCE

Najprepoznatljiviji način opskrbe ukapljenim naftnim plinom su plinske boce. Služe za primjenu u kućanstvu, ali su prikladna za manje gospodarske potrošače (pogon viličara i sl.). Boce su u pravilu valjkastog oblika izrađene od čeličnog lima (ugljični čelik) te su u pravilu narančaste boje, dok se novije boce proizvode također i u žutoj boji.



Slika 2. Plinske boce.[15]

Na svim se plinskim bocama mora obavezno nalaziti:

- broj boce
- volumen i masa boce
- masa plina pri punjenju
- datum proizvodnje
- datum važenja atesta boce

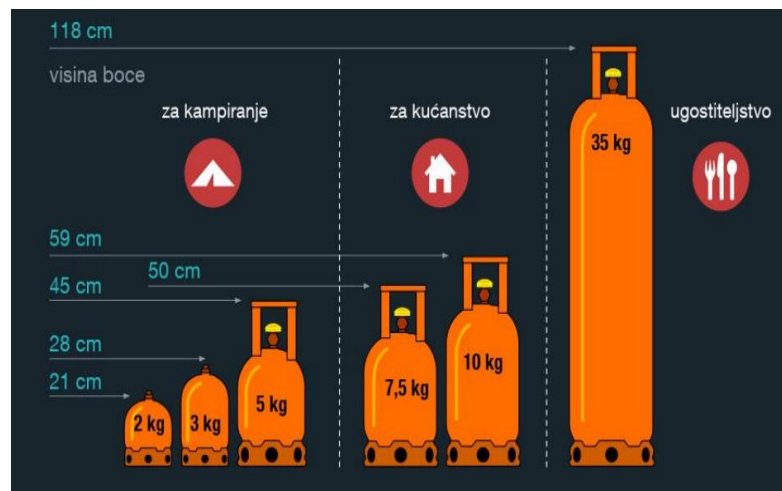
3.1 Podjela plinskih boca

1. Prema načinu potrošnje boce ovisno o fazi koja se koristi:

- boce s uronjenom cijevi, kod kojih se crpi kapljevina
- boce bez uronjene cijevi, kod kojih se crpi plinovita faza

2. Prema veličini:

- male, volumena do 10 litara
- velike, volumena većeg od 10 litara



Slika 3. Vrste plinskih boca.[16]

3.2 Male boce

Male su boce određene kao prijenosne posude pod tlakom volumena do 10 litara ($0,01 \text{ m}^3$) najveće nazivne mase punjenja 5 kg. Proizvode se u tri osnovne veličine prema nazivnoj masi od 2,3 i 5 kg. Specifično se nazivaju „kamping-boce“. Koriste se za turistička naselja, kampove, vojne tabore i sl. Na tržištu postoje i manje boce pod nazivom „kartuše“ koje se koriste u prijenosnim kuhlama. Sve male plinske boce u pravilu nemaju ugrađeni ventil, već se na trošilo s ugrađenim igličastim ventilom pričvršćuju izravno i to probijanjem plašta.



Slika 4. Mala plinska boca.[17]

3.3 Velike boce

Velike plinske boce smatraju se prienosne posude pod tlakom volumena od 10 do 500 litara ($0,01$ do $0,5 \text{ m}^3$) koje služe za skladištenje, prienos i uporabu UNP-a. Najčešće se pojavljuju u veličinama do 10 i 35 kg.

3.3.1 Plinska boca nazivne mase punjenja do 10 kg

Najčešće se koriste u kućanstvu te je vrlo jednostavne primjene opremljene su običnim plinskim ventilom i slijepom maticom. Nakon odvrtanja matice, na bocu se priključuje regulator tlaka koji je savitljivom gumenom cijevi spojen s

trošilom. Nepropusnost toga spoja ne smije se ispitivati prinošenjem plamena, već je najbolje spoj natopiti sredstvom koje stvara mjehuriće kao što je detergent za pranje suđa. Boce se smiju smjestiti u prostoriju gdje se nalazi trošilo osim ako se radi o spavaćoj sobi, podrumu, prostoriji prolaznoj za više ljudi i svakoj prostoriji nižoj od razine površine tla. U prostoriji u kojoj se nalazi trošilo treba ostaviti dovoljne količine zraka potrebnog za izgaranje. Ukoliko se boca postavlja u ormarić potrebno je kroz ormarić omogućiti strujanje zraka kako ne bi došlo do stvaranja zapaljive atmosfere.



Slika 5. Plinska boca punjenja do 10 kg.[18]

3.3.2 Plinska boca nazivne mase punjenja 35 kg

Služe za velike potrošače, i to kod sustava grijanja, velike kuhinje, ili manje industrijske pogone. Za razliku od plinskih boca nazivne mase punjenja od 10 kg, duguljaste su i slične bocama tehničkih plinova, a osim plinskog imaju i sigurnosni ventil. Proizvode se na dva osnovna načina: s dva vodoravna zavora (dvije podnice i cilindrični plašt) i samo s jednim vodoravnim zavarom (proizvode se dubokim izvlačenjem u dva dijela koji se potom zavaruju).

Materijal za izradu je ugljični čelik (čelični lim), čija mehanička svojstva moraju biti u određenim granicama:

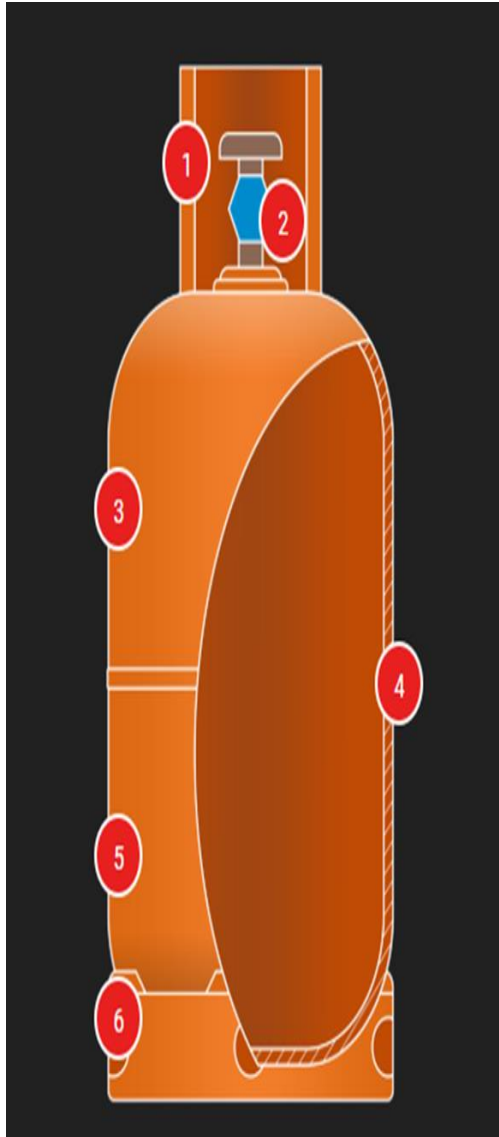
- rastezna čvrstoća od 345 do 430 N/mm²
- granica razvlačenja 240 N/mm²
- produljenje do 21%

Navedena svojstva postižu se nakon toplinske obrade, što se provodi žarenjem na 650°C zbog uklanjanja unutarnjih rastezanja ili normalizacijom na 950°C radi uklanjanja naprezanja i rekristalizaciju.



Slika 6. Plinska boca punjenja do 35 kg.[19]

3.4 Dijelovi plinske boce



Slika 7. Glavni dijelovi plinske boce.[20]

1. ŠTITNIK VENTILA – služi zaštititi ventila, osigurava pristup spajanju na instalacije te kao prihvat za prijenos boce.

2. VENTIL S USADNIKOM – na priključak povezujemo regulator tlaka protoka i crijevo plinske instalacije, a ručicom ventila propuštamo protok plina prema instalaciji.

3. GORNJA POLUTKA – izrađena od čeličnog lima debljine 3 mm.

4. STJENKA BOCE – stjenka boce izrađena je od čeličnog lima debljine 3 mm. Svaka boca, prije prvog punjenja plinom, ispitana je hladnim vodenim tlakom od 25 bara što je više nego dovoljno da pokaže svoju kvalitetu.

5. DONJA POLUTKA – izrađena od čeličnog lima debljine 3mm.

6. PODNOŽJE BOCE – radi stabilnijeg stajanja same boce.

3.5 Ostale vrste plinskih boca

3.5.1 Aluminijska plinska boca

U nekim zemljama su kao standardne prihvaćene boce izrađene od aluminija. Najčešće se koriste za uporabu na plovilima (manji brodovi, čamci). Otporne su na koroziju kako sa unutarne tako i sa vanjske strane. Rok trajanja im doseže do 30 godina.



Slika 8. Aluminijska plinska boca.[21]

3.5.2 Kompozitne plinske boce

Novija vrsta plinskih boca, standardne težine od 5,3 kg koje su otporne na koroziju i na UV zračenje. Bitno kod ove vrste plinske boce da je prozirna pa je tako razina plina uvijek vidljiva.



Slika 9. Kompozitna plinska boca.[4]

4. SIGURNO SKLADIŠTENJE I DRŽANJE PLINSKIH BOCA

4.1 Sigurno skladištenje boce UNP-a

Skladištenje boce s UNP se kod dobavljača, prodavača ili korisnika sigurno skladišti:

- u građevinama
- na otvorenom prostoru ili pod nadstrešnicom

Skladišta koja sadrže preko 10.000 kg plinskih boca obavezno se moraju štititi adekvatno izvedenom hidrantskom mrežom. Skladište takve namjene mora sadržavati i obaveznu vatrogasnu opremu koja se sastoji od najmanje dva vatrogasna aparata za gašenje požara, odabranih tako da na svakih 1.000 kg uskladištenog UNP-a bude 9 kg praha, koji se postavljaju na dostupna mjesta.

Na dostupnim i vidljivim mjestima moraju se postaviti slijedeći natpisi koji upozoravaju na opasnost od požara i eksplozija.

„ZABRANJENO PUŠENJE I PRISTUP S OTVORENIM PLAMENOM“,

„NEZAPOSLENIMA PRISTUP ZABRANJEN“

„OPASNOST OD POŽARA I EKSPLOZIJE“,

„OBVEZATNA UPORABA ALATA KOJI NE ISKRI“.

Boce za korištenje tekuće faze u skladištima moraju biti izdvojene u posebnim skupinama koje su vidno označene.

Skladištenje boca s UNP-om na postaji za opskrbu prijevoznih sredstava gorivom obavlja se prema posebnom propisu.

4.1.1 Skladištenje na otvorenom prostoru ili pod nadstrešnicom

Skladište boca mora biti locirano na ravnom prostoru s prirodnim provjetranjem.

Skladišta boca se kod dobavljača i prodavača UNP-a u bocama smješta na udaljenost koja ne smije biti manja od 15 m od objekta u kojem boravi veći broj ljudi (škola, bolnica, stadioni, koncertne dvorane).

Boce UNP-a skladište se kod korisnika u količini do najviše 1.000 kg dok se kod dobavljača i prodavača skladište u količini do najviše 50.000 kg.

Zona opasnosti skladišta boca je prostor unutar 1 m u svim smjerovima oko ventila krajnjih boca.

U tablici 4 prikazane su sigurne udaljenosti od skladišta boca.

Tablica 4. Sigurna udaljenost od skladišta boca.[8]

Sigurna udaljenost od skladišta boca			
do	Skladišta do	Skladišta preko	Skladišta preko
	3.000 kg	3.000 do 10.000 kg	10.000 do 50.000 kg
Skladišnog spremnika	3 m	5 m	7,5 m
Pogona za punjenje	3 m	5 m	7,5 m
Pretakališta	3m	5 m	7,5 m
Međe susjednog zemljišta	5 m	7,5 m	15 m
Javnog puta	5 m	7,5 m	15 m
Bilo kojeg mogućega stalnog izvora paljenja	5 m	15 m	30 m

Udaljenosti iz tablice 4. mogu se smanjiti za 50% postavljanjem zaštitnog zida.

Udaljenosti za skladište do 3.000 kg iz tablice mogu se smanjiti postavljanjem zaštitnog zida za dvije trećine.

Zaštitni zid mora biti izveden od nezapaljivih materijala (Razred A1 prema HRN DIN 4102 – zid od opeke, čelični lim, betonske ploče i sl.) takovih dimenzija da prikriva skladište na način da se skladište, gledajući iz smjera

mogućeg požara po visini i širini plamena, nalazi u sjeni (visina zaštitnog zida na udaljenosti od 0,6 m od skladišta, mora nadvisiti za 0,5 m visinu sigurnosnog ventila krajnje boce, a dužina zida mora biti tolika da i najveća pretpostavljena širina požara ostavlja skladište u sjeni).[5]

Radi učinkovitog provjetravanja skladište UNP-a smije biti okruženo zaštitnim zidovima s najviše po dva sastavljena zida.

Boce UNP-a u skladištu dobavljača postavljaju se u posebne skupine od po 5.000 kg, sa slobodnim i označenim putovima unutar skladišta. Prazne boce moraju se obavezno odvojiti od punih i označiti natpisom.

Skladište mora biti osigurano od neovlaštenog pristupa metalnom zaštitnom ogradom visine najmanje 2 m.

Boce UNP-a smiju se postavljati jedne iznad drugih, ako su osigurane od prevrtanja.

Prilazni put skladištu mora se osigurati tako da vozila što nisu namijenjena prijevozu UNP-a, ne ulaze u skladište.

Skladište iznad 3.000 kg mora imati najmanje dva prolaza za pristup vatrogasnih vozila.



Slika 10. Skladištenje plinskih boca.[22]

4.1.2 Skladištenje plinskih boca u građevini

U građevinama boce UNP-a se skladište:

- u pogonima za punjenje boca do 10.000 kg, ako je prostorija za uskladištavanje u zajedničkom objektu s prostorijom za punjenje.
- u posebno izgrađenim građevinama do 50.000 kg.

Skladišta namijenjena za skladištenje boca UNP-a moraju udovoljavati sigurnosnoj udaljenosti prema tablici iz prethodnog poglavlja.

Udaljenosti se mogu smanjiti za 50% postavljanjem zaštitnog zida.

Zaštitni zid iz stavka 3. ovog članka mora biti izveden od nezapaljivih materijala (Razred A1 prema HRN DIN 4102 – zid od opeke, čelični lim, betonske ploče i sl.) takovih dimenzija da prikriva skladište na način da se skladište, gledajući iz smjera mogućeg požara po visini i širini plamena, nalazi u sjeni (visina zaštitnog zida na udaljenosti od 0,6 m od skladišta, mora nadvisiti za 0,5 m visinu skladišta, a dužina zida mora biti tolika da i najveća pretpostavljena širina požara ostavlja skladište u sjeni).

Nosive konstrukcije skladišta boca UNP-a moraju imati vatrootpornost od najmanje F60.

Skladište može imati najviše tri zida bez otvora, a pod skladišta mora biti od okolnog terena uzdignut najmanje 10 cm.

Skladište mora imati lagani pokrov.

Otvori za prozračivanje skladišta moraju iznositi najmanje 3% tlocrtnu površine.

Skladište iznad 3.000 kg mora imati vatrogasni pristup iz najmanje dva smjera.

4.2 Držanje plinskih boca

U kućanstvima se mogu držati najviše tri boce plinske boce kapaciteta punjenja do 10 kg te jedna plinska boca kapaciteta punjenja do 5 kg UNP-a.

U prostoriji u kojoj se nalazi trošilo za kuhanje ili grijanje može se držati samo jedna boca s UNP-a maksimalnog kapaciteta do 10 kg.

U poslovnoj prostoriji obujma do 30 m³ može se držati samo jedna boca kapaciteta punjenja do 10 kg, a u poslovnoj prostoriji obujma većeg od 30 m³, na svakih daljnjih 30 m³ obujma još po jedna boca kapaciteta punjenja do 10 kg.

Ako se UNP upotrebljava za laboratorijske potrebe na malim laboratorijskim plamenicama, u istoj prostoriji mogu se koristiti više boca kapaciteta punjenja manjeg od 10 kg, ali ukupna količina UNP-a ne smije prelaziti 30 kg.

Boce se ne smiju držati u spavaćim prostorijama i prostorijama koje su niže od razine okolnog terena.

U prostoru za smještaj pričuvnih boca mora se osigurati provjetranje.

Boce se ne smiju držati na mjestima gdje postoji mogućnost njihovog zagrijavanja iznad 40 °C.

5.2 Razred 2 – prijevoz plinova – plinskih boca

Boce i druge posude u kojima se prevoze plinovi moraju biti opskrbljeni ispravnim ventilima. Ventili plinskih boca moraju biti hermetički zatvoreni i zaštićeni kapama ventila ili zaštitnim prstenom.

Prilikom stavljanja u vozilo, boce s plinovima stavljaju se u posebne palete, a njihov položaj može biti okomit ili vodoravan.

Neke boce punjene plinom mogu se smještati okomito i bez paleta ukoliko je njihova izvedba takva da je nemoguće doći do prevrtanja. U tom slučaju stranice tovarnog prostora u vozilu ne smiju biti niže od 4/5 visine boce.

Kod smještanja boca u vozilo mora se osigurati da ne dođe do prevrtanja, kotrljanja ili međusobnog sudaranja boca.

Boce i druge posude s plinovima u pravilu se prevoze u otvorenom prostoru na vozilu kako ne bi došlo do nakupljanja plina u slučaju neprimjetnog ispuštanja plina, što bi moglo dovesti do stvaranja eksplozivne smjese.

Plinski teret na vozilu treba biti zaštićen ceradom ukoliko bi moglo doći do utjecaja štetnih atmosferilija.

Ukoliko se plinski teret prevozi u vozilu sa zatvorenim tovarnim prostorom, bitno je da je tovarni prostor prirodno ili umjetno provjetran.

Osoba koja prevozi plinove koji imaju štetna ili otrovna svojstva mora imati na raspolaganju odgovarajuća zaštitna sredstva za zaštitu organa za disanje (plinska maska, respirator ili izolacijski aparat) čija izolacijska svojstva moraju biti prilagođena toksičnim svojstvima plina koji se prevozi.

Boce namijenjene prijevozu plinova moraju biti napunjene samo onim plinovima za koje su i namijenjene, što je označeno i na samoj boci. Iznimno, može se u boce namijenjene za točno određeni plin puniti i drugim plinom, ali samo pod uvjetom da ispitni tlak i druga svojstva boce odgovaraju svojstvima plina koji se puni. Tada na posudi mora biti označeno kojim je plinom napunjena, težina punjenja i druge posebne oznake.



Slika 12. Prijevoz plinskih boca.[24]

Metalne posude i druge posude koje se pune plinovima moraju sadržavati slijedeće oznake pisane jasno čitljivim i trajnim slovima i brojevima:

- potpun naziv plina ili smjese plinova
- težina posude bez pripadajućih dijelova i pribora
- za ukapljene plinove, težina posude uključivo s ventilom ali bez poklopca „kape“ posude
- dan, mjesec i godina posljednjeg ispitivanja pod pokusnim tlakom

Na bocu se prema ADR-u mogu upisivati i druge specifičnosti zbog određenih svojstava drugih plinova i njihovih opasnosti.

5.3 Označavanje vozila

Vozila kojima se prevoze opasne tvari pa tako i plinske boce moraju se pravilno označiti. Označavaju se pločom slijedećih dimenzija:

- dimenzija ploče 400x300 mm, narančaste boje podloge, obrubljena crnim rubom debljine 50mm te je podijeljena vodoravnom crtom debljine 15 mm. Brojevi na ploči su visine 100mm i širine 15mm. Oni moraju biti neizbrisivi i čitljivi i poslije požara u trajanju od 15 minuta.



Slika 13. Ploča s opasnostima i UN broj.[25]

U gornjem dijelu ploče nalazi se niz od najmanje dva do najviše tri broja koji predstavljaju vrstu opasnosti. Prvi od ta dva odnosno tri navedena broja je oznaka klase dok slijedeći broj ili brojevi ukazuju na opasnost koje prijete od tvari iz tablice 5 kako slijedi:

Tablica 5. Značenje drugog i trećeg broja na ploči opasnosti.[26]

drugi broj	vrsta opasnosti
0	nema posebne opasnosti
1	opasnost od eksplozije
2	opasnost od nastajanja plinova
3	zapaljivost
4	samo iznimno za taline
5	oksidirajuće svosjtvo
6	otrovnost
7	radioaktivno zračenje
8	korozivnost
9	opasnost od snažne kemijske reakcije ulijed raspada ili polimerizacije

U donjem dijelu ploče nalazi se UN broj. To je broj pod kojim se navedena opasna tvar vodi u registru opasnih tvari kod komisije Ujedinjenih naroda.

5.4 Listice opasnosti

Listice opasnosti ili oznake su naljepnice kojima se označuju klase opasnih tvari pri transportu ili skladištenju. Listicama kojima se označuju prijevozna sredstva su oblika romba dužine stranice najmanje 250 mm unutar kojeg se nalazi ucrtani crni rub na udaljenosti od 5 mm od vanjskog ruba listice. Na ambalažu se postavljaju listice istih boja kao i na vozila, samo što su te listice rombovi čija je stranica dužine 100 mm. Postoje 24 listice opasnosti kojima se označavaju opasne tvari koje pripadaju u 9 razred određenih ADR-om. Većina razred ima više od jedne listice kojom se obavještavaju drugi sudionici u prometu o opasnostima koje im prijete od označenog tereta. Postoje i dodatne listice kojima se obilježava da se radi o lomljivoj ambalaži, teretu koji mora stajati uspravno ili koji se ne smije izlagati kiši i ostalim oborinama.



Slika 14. Listice opasnosti za plinove.[25]

6. KORIŠTENJE I POSTUPANJE S PLINSKOM BOCOM

6.1 Korištenje plinske boce

Zbog njihovog oblika, glatke površine i težine, boce se mogu samo kotrljati po svojem donjem dijelu odnosno postolju. Boca se ne smije izložiti toplini zbog toga što stjenka boce može oslabjeti što će povećati tlak plina u boci, nakon čega će doći do puknuća tijela boce i istjecanja plina.

Kod vraćanja praznih plinskih boca iste se trebaju posebno označiti da su prazne dok ventili trebaju biti zatvoreni, a njima se trebaju nalaziti zaštitne kape. Sve boce s ukapljenim naftnim plinom ne smiju imati vidljiva oštećenja zbog toga je potrebno obaviti pregled radi mogućeg utjecaja korozije i izloženosti drugim naprezanjima kao i vanjskim utjecajima koji uzrokuju mehanička oštećenja (prevrtanje, prijevoz s priključenim regulatorom i crijevima).

Ventil boce uvijek je potrebno otvarati polako te ga zatvoriti ako se boca ne koristi neko vrijeme ili ako je prazna. Boce je potrebno držati što dalje od mjesta gdje se pojavljuju iskre ili otvoreni plameni i sl.

Neispravna oprema na boci ne smije biti priključena na bocu i ne smije ostati spojena na boci ako je došlo do bilo kakvog oštećenja prilikom spajanja, tj. priključivanja na bocu.

6.2 Postupanje s plinskom bocom

Plinsku bocu sa ukapljenim naftnim plinom potrebno je uvijek držati uspravno i sa zatvorenim ventilom.

Boca se ne smije čuvati i koristiti u prostorijama nižim od okolnog terena kao što su podrumi i stubišta te se ne smiju izlagati suncu, vatri i drugim izvorima topline (temperatura viša od 40°C)

Obavezno zatvaranje ventila na boci poslije upotrebe trošila.

Obavezno provjetranje mjesta gdje se nalazi boca zbog opasnosti od isparavanja plina.

Bez regulatora tlaka ne spajati bocu na trošilo.

Učestala kontrole opreme plinske boce.

Sve popravke plinskih trošila prepustiti ovlaštenoj osobi odnosno serviseru.

Prilikom spajanja nove boce na trošilo obavezna je kontrola nepropusnosti svih spojnih dijelova boce i instalacija.

U blizini boce s plinom strogo je zabranjeno pušenje i rad s otvorenim plamenom.

Djecu je potrebno držati podalje od boce s plinom.

Crijevo potrebno mijenjati svake dvije godine.



Slika 15. Oznake za korištenje plinske boce.[16]

7. POŽAR I EKSPLOZIJA PLINOVA

7.1 Proces gorenja

Gorenje je proces oksidacije gdje se goriva tvar burno spaja s kisikom (oksidans) iz zraka uz oslobađanje topline, svjetlosti i produkata gorenja. Radi se o kemijskom procesu pretvorbe jedne tvari u drugu. Gorenje pod kontrolom je izvor energije, a bez kontrole požar.

Sve tvari koje gore uz pojavu plamena, ne gore direktno one same, već plinovi ili pare koje se iz njih oslobađaju u procesu gorenja.

Četiri osnovna uvjeta gorenja:

1. Prisustvo gorive tvari.
2. Prisustvo kisika iz zraka ili nekog drugog oksidansa – tvar koja podržava gorenje.
3. Dovoljna količina topline dovedena zapaljivoj tvari da se postigne temperatura paljenja. Ako je proces gorenja u toku, tada količina oslobođene topline mora biti dovoljna da podržava proces gorenja.
4. Nesmetano odvijanje kemijskih lančanih reakcija gorenja. Tim mehanizmom se odvija proces gorenja tvari koje gore uz pojavu plamena (požari razreda A, B i C). kod gorenja metala (požari razreda D) nema lančanih reakcija gorenja tako da i nema tog uvjeta.



Slika 16. Proces gorenja.[27]

Uklanjanje bilo kojeg uvjeta gorenja ima za posljedicu zaustavljanje procesa gorenja te se na tom principu temelje učinci gašenja.

Proces gorenja se odvija u zraku koji se sastoji od 21% kisika (O₂), 78% dušika (N₂), a ostatak od 1% su:

- plemeniti plinovi
- ugljikov dioksid (CO₂)
- vodena para

Većina tvari prestaje gorjeti ako je u zraku manje od 15% kisika, a razina kisika ispod 10% izaziva smrt.

Granični indeks kisika (GIK) – je najmanji koncentracija kisika u smjesi s dušikom izražena u volumnom postotku, pri kojoj neka tvar može gorjeti

$$\text{GIK} = \frac{V_{\text{kisika}}}{V_{\text{kisika}} \times V_{\text{dušika}}} \times 100$$

Tvari kojima je granični indeks kisika jednak ili manji od 21 mogu gorjeti u atmosferi zraka, a kojima je veći ne mogu gorjeti jer je koncentracija kisika u zraku premala. Na osnovu poznavanja GIK-a mogu se izračunati količine dušika koje je potrebno dodati zraku da se prekine proces gorenja.[6]

Lančane reakcije gorenja

Potpunim gorenjem gorivih tvari razreda A,B i C dobivaju se plinoviti produkti voda i ugljikov dioksid uz minimalne količine nekih drugih plinova, obično oksida sumpora ili dušika. Tvari iz razreda D požara (metali) gore bez lančanih reakcija i plamena već samo žarom. Da bi se dobili voda i ugljikov dioksid proces mora teći nizom vrlo brzih i kompliciranih međureakcija. Takve međureakcije se nazivaju lančane reakcije. Sve te reakcije se odvijaju u plinovitoj fazi velikim brzinama i pri temperaturama većim od 1200°C. Ispod te temperature reakcije se ne odvijaju i plamen se gasi.

Načini gorenja:

- gorenje plamenom (prisutne lančane reakcije) – gore plinovi ili pare zapaljivih tekućina (požari razreda B i C).
- gorenje plamenom i žarom (prisutne reakcije gorenja) – gore krutine (požari razreda A)
- gorenje žarom (nema lančanih reakcija) – gore metali (požari razreda D)

Temperature i načini pripaljivanja gorivih tvari:

Temperatura plamišta je najniža temperatura na koju treba zagrijati neku tvar, da se iznad njene površine stvori takva koncentracija zapaljivih para (kod tekućina) ili plinova (kod krutina), u smjesi sa zrakom da se mogu upaliti vanjskim izvorom pripaljivanja- obično plamičak.

Temperatura samozapaljenja je najniža temperatura na koju treba zagrijati neku tvar u prisustvu zraka, da se ona upali bez vanjskog izvora pripaljivanja. Temperature samozapaljenja su uvijek više od plamišta.

Produkti gorenja

Potpuno gorenje uvijek se odvija uz dovoljnu količinu kisika i nema pojave dima. Dobiveni plinoviti produkti gorenja i kruti ostatak isu više zapaljivi. Potpuno gorenje susrećemo u kontroliranim procesima gorenja (plamenici, ložišta).

Osnovni sastav plinovitih produkata su vodena para i ugljikov dioksid. Ovisno o vrsti gorivog materijala mogu se pojaviti manje količine sumpornih i dušikovih oksida, klorovodika, ili nekih drugih anorganskih plinova.

Nepotpuno gorenje se odvija uz nedovoljnu količinu zraka (kisika), a karakterizira ga obilje dima. Dobiveni produkti nastali gorenjem mogu se ponovno zapaliti. U tom smislu plinoviti produkti u smjesi sa zrakom čine eksplozivnu smjesu. Nepotpuno gorenje se najviše pojavljuje u požarima zatvorenog prostora.

Ugljikov monoksid (CO) uvijek se pojavljuje pored čađe koji je osnovni sastojak dima. Koncentracije ugljikovog monoksida u zatvorenom prostoru mogu doseći i do 14%. Ovisno o vrsti gorivog materijala, može se javiti sumporvodik, cianovodik kao i mnogi drugi razni organski i anorganski plinoviti spojevi koji su manje ili više svi otrovni.

7.2 Gorenje plinova

Proces gorenja tvari koje se nalaze u plinovitom agregatnom stanju je najjednostavniji.

Kada neki plin gori, njegove se molekule izravno spajaju s molekulama kisika iz zraka i u tom procesu se oslobađa toplina koju gorivu smjesu podržava iznad temperature paljenja i redovito ju ugrije na visoku temperaturu.

Područje zapaljivosti plinova:

Zapaljivi plinovi i pare tekućina u smjesi sa zrakom mogu gorjeti ili eksplodirati samo u određenom području koncentracija. To se područje naziva područje zapaljivosti (PZ). Koncentracija se izražava volumnim postotkom plina ili pare u smjesi sa zrakom.

Granice zapaljivosti:

- donja granica zapaljivosti (DGZ) je najniža smjesa plina ili para u smjesi sa zrakom koja može gorjeti.
- gornja granica zapaljivosti (GGZ) je najveća smjesa plina ili para u smjesi sa zrakom koja može gorjeti.

Gorenje zapaljivih plinova ili para tekućina se odvija u području zapaljivosti koja se nalazi između donje i gornje granice zapaljivosti. Područje ispod donje granice zapaljivosti je presiromašna smjesa, a iznad gornje granice zapaljivosti prebogata. U oba slučaja ne može doći do gorenja ili moguće eksplozije.

7.3 Pripaljivanje plinova

Prilikom izlaza plina iz plamenika ili neke cijevi razlikujemo dva osnovna oblika gorenja:

- gorenje s predmiješanjem, kada iz plamenika izlazi smjesa plina i zraka unutar područja zapaljivosti,
- gorenje bez predmiješanja ili difuzno gorenje, kada iz plamenika izlazi čisti plin koji se miješa sa zrakom tek nakon napuštanja plamenika.

Pripaljivanje plinova u smjesi sa zrakom ili kisikom (u daljnjem tekstu smjesa) može se provesti na dva načina:

- prisilno – pripaljuje se smjesa u području zapaljivosti, na sobnoj temperaturi pomoću iskre ili nekog drugog izvora paljenja.
- termički – smjesa u području zapaljivosti zagrijava se čitavim volumenom dok se ne upali bez vanjskog izvora pripaljivanja. Ta temperatura naziva se temperatura samopaljenja plina.

Brzine gorenja plinova

Pripaljivanjem plina formira se zona u kojoj se odvijaju vrlo brze kemijske reakcije gorenja. Ta zona naziva se plamena fronta. Ona se nakon formiranja širi kao plamen kroz plinsku smjesu određenom brzinom koja se naziva linearna brzina gorenja plina, a odnosi se na brzinu plamene fronte u odnosu na plinsku smjesu. Ako se radi o gorenju plinova slobodno na zraku, npr. u plamenicima, takova brzina naziva se normalna linearna brzina gorenja plinova.

Širenjem plamene fronte kroz plinsku smjesu izgara određena masa plina, a brzina kojom se to odvija naziva se masenom brzinom gorenja. Ona predstavlja masu plina koji izgori u jedinici vremena po jedinici površine.

Linearna brzina gorenja ovisi o nizu čimbenika, od kojih su najvažnije: koncentracija smjese, tlak smjese, temperatura smjese i okruženje u kojemu se proces gorenja odvija.

Porastom koncentracije plina od donje granice zapaljivosti (DGZ) na više, brzina gorenja raste do neke maksimalne vrijednosti, a zatim opada do gornje granice zapaljivosti (GGZ). Maksimalne brzine ne moraju biti u idealnoj ili stehiometrijskoj smjesi

Difuzno gorenje

Takav oblik gorenja dobiva se pripaljivanjem plina koji izlazi iz neke cijevi. Gorenje se ostvaruje miješanjem izlazećeg plina sa zrakom koji difundira u plin. Plin gori na liniji gornje granice zapaljivosti. Uslijed nedovoljne količine zraka za potpuno gorenje, takav plamen ugljikovodika (metan, etan, propan, butan) je čađav. Zagrijane čestice čađe, koje su po svom sastavu čisti ugljik, izvor su svjetlosnog i toplinskog zračenja. Iz tog razloga difuzni plamen jače svijetli i jače toplinskim zračenjem zagrijava okolne predmete od plamena s predmiješanjem. S obzirom da se zračenjem gubi znatni dio topline oslobođene gorenjem plina, temperatura difuznog plamena je niža od onog dobivenog s predmiješanjem.[7]

7.4 Požar

Požar je svako nekontrolirano gorenje koji nanosi materijalnu štetu i ugrožava ljudski život. Kod svakog požara karakteristično je sagorijevanje gorivog materijala. Gorenje u uvjetima požara zauzima velike razmjere po količini, intenzitetu i posljedicama što može dovesti do vatrene stihije koja uništava sve pred sobom, koju je jako teško ili gotovo nemoguće zaustaviti. Požar sa sobom nosi i druge posljedice kao što su eksplozije, rušenja, radioaktivna zračenja i kontaminacija radioaktivnim tvarima šireg područja zahvaćenog požarom. Izgaranjem gorivog materijala velikom brzinom se povećavaju temperature u požaru, što dovodi do nekontroliranog zagrijavanja konstrukcija izloženih u požaru koje mogu ugroziti stabilnost objekta. U požaru na otvorenom prostoru, zračenje topline i drugi faktori koji su

karakteristični za požar mogu ugroziti neposrednu okolinu na udaljenosti većoj od 100 metara.

7.4.1 Razredi požara

A- požari krutina

B- požari tekućina ili rastaljenih krutina

C- požari plinova

D- požari metala

F- požari biljnih ili životinjskih ulja i masti u uređajima za prženje

7.4.2 Požari plinova – razred „C“

Požari razreda „ C“ uključuju zapaljive plinove kao što su metan, etan, propan, butan, vodik i acetilen. Izgaraju plamenom, a u određenoj koncentraciji sa zrakom može doći do eksplozije nakon koje postoji velika mogućnost zapaljenja okolnih gorivih tvari. U roku od 4 minute plinovi najbrže postižu temperaturu izgaranja od 1200 do 1600°C. Plamena fronta može biti putujuća ili stacionarna.



Slika 17. Simbola požara razreda C.[28]

7.5 Gašenje požara plinova

Gašenje je proces u kojemu se pomoću sredstva za gašenje iz požara oduzima jedan ili više uvjeta potrebnih za gorenja. Sredstva za gašenje požara su ona sredstva, odnosno tvari kojima možemo prekinuti proces gorenja na nekoliko načina sa različitim učincima.

7.5.1 Učinci gašenja

1. OHLAĐUJUĆI UČINAK – tvar veže na sebe toplinu koja nastaje izgaranjem tvari. Odvođenjem topline snižava se temperatura gorive tvari i onoga trenutka kada temperatura gorenja tvari postane niža od temperature paljenja, dolazi do procesa prestanka procesa gorenja.

2. UGUŠUJUĆI UČINAK – tvar u obliku plina, magle ili praha, a ponekad kao sloj pjene prekriva gorivu tvar i time u cijelosti ili djelomično sprječava pristup kisiku iz zraka. Tvar je tada potpuno izolirana od kisika ili je smanjena koncentracija kisika kod gorive tvari ispod vrijednosti koja je dovoljna za gorenje.

3. ANTIKATALITIČKI UČINAK – tvari koje ubrzavaju kemijske procese, a da se pritom ne mijenjaju.

4. UKLANJANJE GORIVE TVARI – prekid dotoka zapaljivog plina ili uklanjanje zapaljivih krutina s pravca širenja požara.

U tablici 6 prikazani su učinci gašenja plinova i sredstva s kojima se ona ostvaruju.

Tablica 6. Učinak gašenja plinova i sredstva kojima se ostvaruje učinak.[12]

UVJETI GORENJA:	UČINCI GORENJA	SREDSTVO S KOJIM SE OSTVARUJE UČINAK GAŠENJA:
goriva tvar	uklanjanje gorive tvari	mehanički pribor
izvor topline	ohlađivanje	voda, CO ₂ kao suhi led
prisustvo oksidansa	ugušivanje	inertni plinovi (CO ₂)
lančane reakcije	inhibiranje	haloni, prahovi

U trenutku zapaljenja plina, plamen koji je nastao ne bi se trebao gasiti, nego bi trebalo zatvoriti ventil, a ako se ventil ne može zatvoriti najučinkovitija sredstva za gašenje požara plinova su:

1. Prah
2. CO₂
3. FM-200
4. NOVEC 1230
5. Voda (samo presijecanje plamena vodenim mlazom ili korištenje vodene magle)

7.6 Eksplozija plinova

Eksplozija je naglo (trenutno) povećanje volumena, praćeno snažnim zvukom i mehaničkim učinkom kao i nekim drugim učincima, ovisno o vrsti eksplozije (kemijska, fizikalna, nuklearna). Da bi se neka zapaljiva tvar, a pod tim ćemo razumijevati plin, paru, tekućine ili prašinu, u smjesi sa zrakom mogla upaliti, mora se nalaziti u području zapaljivosti. Ako se smjesa nalazi na otvorenom prostoru, njenim pripaljivanjem formira se plamena fronta koja određenom brzinom putuje kroz zapaljivu smjesu. Brzina kojom se širi takva fronta na otvorenom prostoru naziva se normalna linearna brzina gorenja. Ukoliko se smjesa nalazi u djelomično otvorenom ili potpuno zatvorenom prostoru,

uslijed porasta tlaka i temperature dolazi do porasta brzine gorenja i pojave eksplozije. Razlikujemo dvije vrste eksplozija: Deflagracija i detonacija.

Deflagracija je proces širenja kemijske reakcije unutar eksplozivne tvari podzvučnom brzinom, znači ispod 340 m/s ali koja je veća od normalne brzine gorenja.

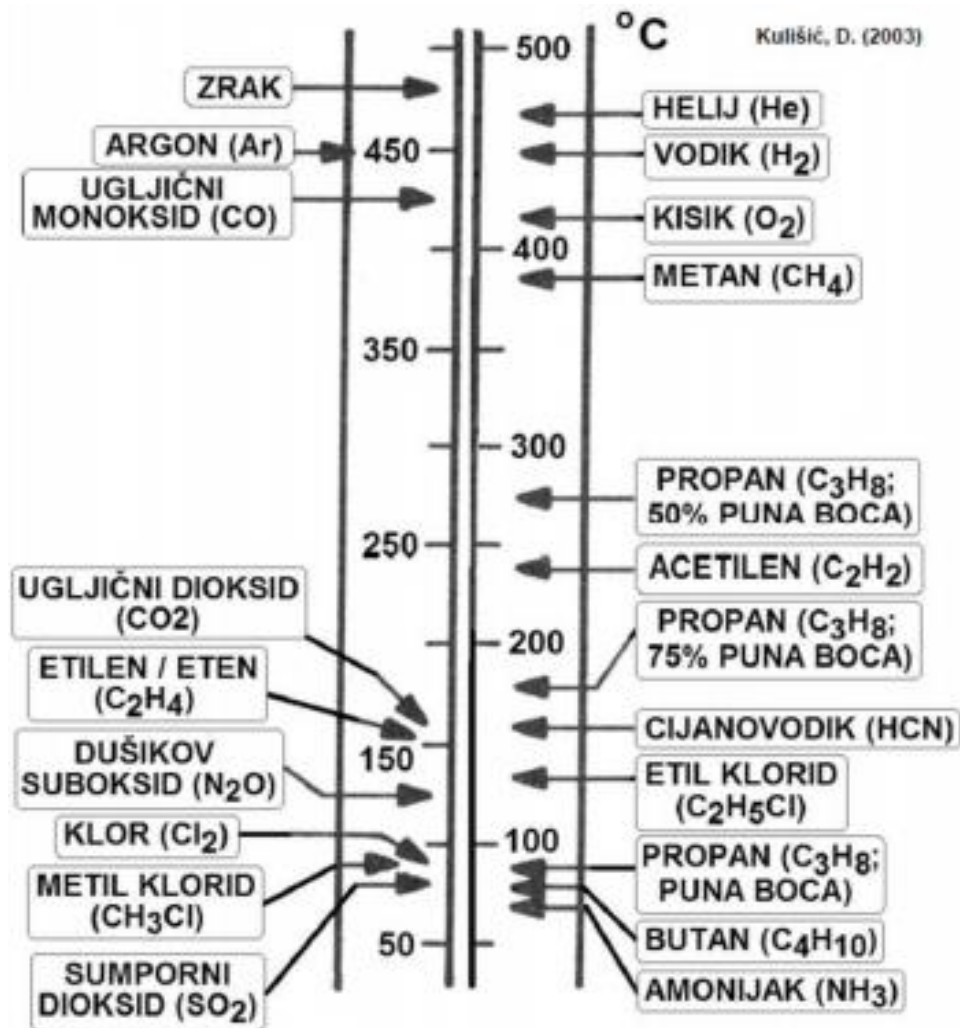
Detonacija je proces širenja kemijske reakcije unutar eksplozivne tvari nadzvučnom brzinom.

Razlika između deflagracije i detonacije kao oblika eksplozije jest u prenošenju topline na još neupaljenu smjesu, i obliku njezinog paljenja.

7.6.1 Fizikalna eksplozija

Fizikalna eksplozija nastaje zbog vrlo visokog tlaka ili oštećenja spremnika. Visoki tlak može nastati uslijed stvaranja pare iz pregrijane tekućine ili brzim širenjem plina ili pare. Pogreške na spremnicima ili bocama može dovesti do pucanja stijenki na tlaku koji je manji od ispitnog tlaka.

Na slici 18. prikazana je temperatura pucanja stijenki čeličnih plinskih boca ili čeličnih plinskih spremnika ovisno o vrsti plina, stupnju napunjenosti i načinu njegova držanja u posudama (stlačeno, ukapljeno ili otopljeno stanje).



Slika 18. Temperature pucanja stijenki boca s plinovima.[29]

7.6.2 Kemijska eksplozija

Kemijska eksplozija je eksplozija plinova, para i prašina u smjesi sa zrakom kao i eksplozija eksploziva. Toplina izaziva brzo širenje plinova što dovodi do porasta tlaka. Nastaje deflagacijom plinova, prašina i magli, detonacijom krutina, tekućina i plinova i kemijskim reakcijama. Detonacija ovisi o udarnom valu koji započne i održava reakciju. Do eksplozija može doći i pucanjem spremnika ili posude u kojoj se nalazi tekućina ili plin. Uzročnici takve eksplozije su najčešće visoka temperatura, visoki tlak, nečistoće u materijalu, pad kapaciteta sustava, loše početno miješanje reaktanata i odgođeni početak reakcije.

Slika 19. prikazuje kemijsku eksploziju plina propan-butan iz plinske boce.



Slika 19. Izgled plinske boce nakon eksplozije plina.[29]

7.7 Preventivno djelovanje

Eksplzija se najbolje sprječava dobrim prozračivanjem prostorija u kojima se nalaze plinska postrojenja tako da se ne dosegne donja granica eksplozivnosti. Ukoliko se pojavi eksplozivna smjesa ili se ona očekuje bitno je što hitnije spriječiti izvore paljenja. Osim otvorenog plamena, cigareta, zagrijanih predmeta i drugih površina čije je temperatura paljenja smjese (590-650°C) izvori paljenja mogu biti sasvim neočekivani kao što su:

- iskra iz električnih uređaja koji se automatski uključuju (zamrzivač, hladnjak, električni bojler).

- zagrijana ploča štednjaka ili električne grijalice
- uključivanje kućnog električnog zvona
- telefonski poziv
- džepna baterijska svjetiljka
- iskra nastala udarcem ili trenjem
- iskra zbog električnog pražnjenja (statički elektricitet)

7.8 Incidenti plinskom bocom

7.8.1 Istjecanje plina u atmosferu

Prilikom istjecanja plina iz plinske boce stvara se eksplozivna smjesa pogotovo ako se radi o nekom zatvorenom prostoru. Plinska smjesa će eksplodirati ukoliko je koncentracija plina iznad donje granice eksplozivnosti te ako postoje izvori paljenja koji će nastalu smjesu zapaliti (iskrenje, otvoreni plameni).

Kada se osjeti prisutnost plina u prostoriji potrebno je poduzeti slijedeće radnje:

- obavezno provjetriti prostoriju otvaranjem što više prozora i vrata kako bi se smanjila prisutnost plina ispod donje granice eksplozivnosti
- zatvaranje ventila na plinskoj boci radi sprečavanja daljnjeg istjecanja plina
- smanjivanje koncentracije plina može se postići inertizacijom atmosfere, ako se isprazni jedan vatrogasni aparat s CO₂ plinom jer će se za toliko smanjiti smjesa zapaljivog plina i zraka i znatno umanjiti mogućnost eksplozije
- ne paliti moguće izvore iskrenja (svjetlo, upaljač...)

7.8.2 Nekontrolirano zapaljenje na instalaciji ili trošilu

Do nekontroliranog zapaljenja na plina na instalaciji ili trošilu može doći zbog same neispravnosti dijelova trošila ili instalacije ili zbog držanja plinske boce u blizini većeg izvora topline. Postupak kod takve situacije je slijedeći:

- ukoliko se posjeduje vatrogasni aparat započeti sa gašenjem
- pokušati zatvoriti ventil na boci, otpojiti bocu i iznijeti je van
- ako je zatvoren ventil na boci i time zaustavljeno istjecanje plina vatra se može gasiti vodom
- kod pojave požara u susjednim prostorijama iznijeti prazne i pune boce van dosega vatre i topline.



Slika 20. Nekontrolirano zapaljenje plina.[30]

7.8.3 Zagrijavanje plinske boce

Zagrijavanje plinske boce predstavlja potencijalnu opasnost od eksplozije ekspandirajućih para kipuće tekućine tzv. BLEVE.

BLEVE eksplozija – nastaje zbog pucanja posude pod tlakom u kojem se nalazi ukapljeni plin ili tekućina zagrijana znatno iznad temperature vrelišta. Pri tome dolazi do naglog isparivanja velikog dijela tekućine što stvara veliki oblak pare. U trenutku pucanja spremnika dolazi do paljenja i stvaranja velike vatrene kugle ukoliko je smjesa zapaljiva i ako je prisutan izvor paljenja. Kada se formira vatrene kugla prijete opasnost od toplinskog zračenja, udarnog vala i ubojitih krhotina spremnika. Ne dođe li do paljenja odmah, za nekoliko sekundi stvorit će se oblak pare čije paljenje može dovesti do snažne eksplozije. Ukoliko se izvor paljenja pojavi kasnije, nastale pare će se razrijediti ispod donje granice eksplozivnosti te će samo paljenje biti ograničeno na bazen neisparene tekućine ili plina.

Ukapljeni propan zauzima oko 270 puta manji volumen od plina pri normalnom tlaku i normalnoj temperaturi. U bocama se obično nalaze 3/4 tekuće faze i 1/4 plinske faze. Nikada se potpuno ne pune s tekućom fazom radi mogućnosti ekspanzije odnosno povećavanja volumena tekućine tijekom zagrijavanja. Tako ukapljen i pod tlakom od 5 do 6 bara drži se u čeličnim bocama, te neposredno prije uporabe isparava i kao plin se dovodi do potrošača.

Ukoliko je boca izložena plamenu, a samim time i zagrijavanju, unutar spremnika dolazi do povećanja volumena tekuće faze i povećanja tlaka. Što duže se spremnik zagrijava metal omekšava i isteže se. Nastaju ispupčenja, stjenka se stanjuje i gube svoja mehanička svojstva i čvrstoću. Uslijed slabljenja stjenke te povećanja tlaka dolazi do nastanka pukotine na spremniku koja se sve više širi, izlivanje tekuće faze, naglog ekspaniranja te eksplozije. Vrijeme pucanja odnosno eksplozije teško je predvidjeti, a ovisi o intenzitetu zagrijavanja, te mjestu zagrijavanja. Da bi spriječili nastanak BLEVE eksplozije neophodno je što prije otpočeti s hlađenjem stjenke koja se zagrijava.



Slika 21. Deformacija plinske boce zbog zagrijavanja.[30]

8. EKSPERIMENTALNI DIO

Eksplוזija plinske smjese propan-butan iz plinskih boca, nakon čega je došlo požara stana.

LOKACIJA i KARAKTERISTIKA ZGRADE I STANA: Stan se nalazi u Samoboru, ulica Gustava Krkleca kbr.3. Zgrada se proteže na četiri etaže s ukupno tri kata te je spojena s još tri zgrade čime tvore jedinstveni objekt. U zgradi na kbr. 3 nalazi se ukupno 13 stanova. Ispred zgrade nalazi se parkiralište dok se sa stražnje strane zgrade nalazi travnata površina. Oko 30-ak metara ispred zgrade smješten je dječji vrtić. Zgrada je opremljena aparatima za početno gašenje požara te je od stabilnih sustava ugrađena unutarnja hidrantska mreža. Stan u kojem je došlo do eksplozije nije spojen na gradski plin.

IZGLED STANA: Stan u kojem je došlo do eksplozije plina je veličine 48 m² i nalazi se u samom potkrovlju zgrade. Stan se sastoji od kuhinje, pomoćne prostorije koja je odvojena drvenim pregradnim zidom, sanitarnog prostora i dnevnog boravka s loggiom.

DOJAVA :Dana 07.03.2014. godine u 12,15 sati zaprimljena je dojava putem ŽC 112 o eksploziji i požaru u stanu u Samoboru, Gustava Krkleca kbr.3.



Slika 22. Požar stana u Samoboru nakon eksplozije plina iz plinske boce.[31]

TIJEK POSTUPANJA SLUŽBI:

Prvi su na mjesto događaja stigli trojica djelatnika JVP Samobor s navalnim vozilom i vatrogasnom cisternom. Utvrdili su da je došlo do eksplozije plina, a zatim i požara u stanu. Započinju gašenje stana u kojem se nalazila jedna osoba koja je u eksploziji i požaru ozlijeđena, a istoj su do dolaska službi pomogli susjedi koji su je izvukli iz stana.

Na mjesto događaja pristižu policijski službenici Policijske postaje Samobor koji su izvršili evakuaciju svih ostalih stanara stambene zgrade.

Nakon što je uspješno izvršena evakuacija stanara, policijski službenici su proveli radnju šireg i užeg osiguranja mjesta događaja dok su djelatnici JVP Samobor za to vrijeme lokalizirali požar u stanu koji je ugašen u 12.33 sati. Djelatnici JVP Samobor su iz stana iznijeli dvije plinske boce nakon što su ugasili požar. U međuvremenu je pristiglo nekoliko timova Hitne medicinske pomoći Doma zdravlja Samobor zbog pružanja hitne liječničke pomoći ozlijeđenoj osobi kao i ostalim osobama kojima je pomoć potrebna. Ozlijeđena osoba je po jednom timu HMP, odmah prevezena u bolnicu s ciljem pružanja liječničke pomoći, a u događaju je još jedna osoba zatražila liječničku pomoć. Također, na samo mjesto događaja pristupili su djelatnici tvrtke „Energo metan“ koji su zbog sigurnosti zatvorili plin te djelatnici „Hrvatske elektroprivrede Zagreb – pogon Samobor“ koji su isključili napon struje za stambenu zgradu na kbr. 3 kao i za ostale stambene zgrade u neposrednoj blizini.

Stan u kojem je došlo do eksplozije, a potom i požara, po završetku gašenja osiguravao se policijskim službenicima PP Samobor radi zaštite tragova zbog vršenja kriminalističkog očevida kojeg su obavili djelatnici kriminalističke policije Policijske postaje Samobor te inspektorica zaštite od požara. Također se vršilo osiguranje prostora oko stambene zgrade u kojoj se nalazio stan. Osim vršenja kriminalističkog očevida, djelatnici kriminalističke policije i inspektorica zaštite od požara obavljali su razgovore sa susjedima i svjedocima kako bi se stvorila što realnija slika zbog čega je do eksplozije, a zatim i požara došlo odnosno je li navedeni događaj posljedica kaznenog djela ili nekog drugog događaja (pokušaj samoubojstva i sl.).

Po završetku očevida i drugih radnji u ulicu Gustava Krkleca su pristupili djelatnici gradskog komunalnog poduzeća „ Komunalac“ koji su počistili razbacane stvari koje su uslijed eksplozije izletjele iz stana.

UZROK EKSPLOZIJE:

U navedenom stanu nalazile su se dvije plinske boce propan-butan (obje boce po 5 kg). Utvrđeno je da je iz obje boce došlo do curenja plina pri čemu je nastala zapaljiva i eksplozivna plinska smjesa. Neimenovana osoba se cijelo to vrijeme nalazila u stanu, a kada je pritisnula prekidač u sobi kako bi upalila svjetlo došlo je do eksplozije prije stvorene plinske smjese, nakon čega su stvari u stanu (pokućstvo, namještaj, tepih, drvene pregrade i sl.) počeli gorjeti, dok je dobar dio pokućstva od jačine eksplozije izletio kroz prozore i balkon na parkirališni prostor ispred zgrade. Utvrđeno je da je stan u trenutku eksplozije bio zaključan.

REZIME DOGAĐAJA:

Prilikom eksplozije i požara stana neimenovana osoba koja se u tom trenutku nalazila u stanu je zadobila teške tjelesne ozlijede dok se osoba koja se nalazila u stanu točno ispod stana gdje je nastala eksplozija zadobila lakše tjelesne ozljede i nije joj bilo potrebno pružiti bolničko liječenje. Osobe iz susjednih stanova pokušale su ugasiti požar stana s tri S-9 vatrogasna aparata za početno gašenje požara. Te osobe nisu zadobile nikakve ozlijede kao niti ostali stanari i osobe koje su se našle u neposrednoj blizini te nitko nije zatražio liječničku pomoć. Stan u kojemu je došlo do eksplozije i požara je u događaju u potpunosti uništen, kao i dio krovništa stambene zgrade. Zbog siline eksplozije oštećena su glavna ulazna vrata, ulazna vrata od 13 stanova, nekoliko prozora na naličju zgrade, 8 krovnih prozora te 11 osobnih automobila koji su se nalazili parkirani ispred stambene zgrade.



Slika 23. Razbacane stvari iz stana po prostoru ispred zgrade.[31]

Na intervenciji su bili prisutni zapovjednik i zamjenik zapovjednika JVP grada Samobora sa zapovjednim vozilom G-802, dva navalna vozila i četiri djelatnika (vatrogasca). Zatim osam policijskih službenika PP Samobor, nekoliko djelatnika kriminalističke policije PP Samobor, inspektorica zaštite od požara, HMP Samobor s tri vozila i devet djelatnika, djelatnici Elektre Samobor, djelatnici poduzeća Energo Metan i djelatnici gradskog komunalnog poduzeća.

Djelatnici JVP Samobor su požar stana gasili jednim „C“ mlazom kojom prilikom su potrošili oko 1000 litara vode.



Slika 24. Izgled stana s vanjske strane nakon ugašenog požara.[31]

9. ZAKLJUČAK

Korištenje plinskih boca jedan je od načina iskorištavanja ukapljenog naftnog plina kao jednog od energenata, koji u svakodnevnom životu ima vrlo obuhvatnu primjenu. Poznavanje osnovnih svojstava ukapljenog naftnog plina, posebno propana i butana kao ključne dijelove ukapljenog naftnog plina. Plinovi su to bez boje, mirisa i okusa te im se stoga dodaje odorizator kako bi se plin mogao lako prepoznati prilikom istjecanja, i to osjetom njuha. Kada osjetimo prisutnost plina, pogotovo u zatvorenoj prostoriji potrebno je odmah ventilirati prostor kako bi se smanjila smjesa plina koji nastaje u zraku, a time spriječila eksplozija. Općenito, svako skladištenje, čuvanje, transport i korištenje plinskih boca iziskuje visoke mjere opreza i poštivanje pravila ponašanja kako ne bi došlo do nenadanih situacija i kako bi se izbjegle katastrofe. Iz eksperimentalnog dijela vidljivo je kakve posljedice može donijeti eksplozija plinske smjese iz plinske boce.

10. LITERATURA

- [1] **Strelec V:** Plinarski priručnik 6. Dopunjeno izdanje, Zagreb, Energetika marketing 2014.
- [2] hr.wikipedia.org/wiki/Ukapljeni_naftni_plin, pristupljeno dana 10.04.2019. godine
- [3] **Labudović B:** Ukapljeni naftni plin- osnove primjene, Zagreb, Energetika marketing 2007.
- [4] <https://www.ina.hr>, pristupljeno dana 12.04.2019. godine
- [5] <http://www.zavarene-posude.hr>, pristupljeno dana 12.04.2019. godine
- [6] <https://dundovic-plin.hr>, pristupljeno dana 17.04.2019. godine
- [7] Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima, NN(56/10)
- [8] Pravilnik o ukapljenom naftnom plinu, NN(117/2007)
- [9] **Grupa autora:** Tehnički priručnik za zaštitu od požara, Zagreb, Grafo-Amadeus d.o.o, 1997.
- [10] <http://www.mppi.hr>, pristupljeno dana 28.05.2019. godine
- [11] Zakon o prijevozu opasnih tvari, NN (79/07)
- [12] **Grupa autora:** Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika, Zagreb, Hrvatska vatrogasna zajednica, 2006, ISBN:953-6385-16-3
- [13] **Grupa autora:** Sigurnost na radu 1, Zagreb, Institut za sigurnost Zagreb
- [14] Zakon o zaštiti od požara, NN (92/10)
- [15] www.icv.hr, pristupljeno dana 01.05.2019. godine
- [16] www.apps.jutarnji.hr, pristupljeno dana 28.04.2019. godine

- [17] www.gasiks.com, pristupljeno dana 27.04.2019. godine
- [18] www.rijekaplin.hr, pristupljeno dana 20.05.2019. godine
- [19] www.halooglas.si, pristupljeno dana 27.05.2019. godine
- [20] www.dundovic-plin.hr, pristupljeno dana 12.04.2019. godine
- [21] www.ekopool.si, pristupljeno dana 12.04.2019. godine
- [22] www.blic.rs, pristupljeno dana 28.05.2019. godine
- [23] www.pfri.uniri.hr, pristupljeno dana 28.05.2019. godine
- [24] www.preporuka.hr, pristupljeno dana 28.05.2019. godine
- [25] www.pierre.fkit.hr, pristupljeno dana 28.05.2019. godine
- [26] www.czs.hr, pristupljeno dana 28.05.2019. godine
- [27] www.firepro.hr, pristupljeno dana 29.05.2019. godine
- [28] www.amw-certing.hr, pristupljeno dana 29.05.2019. godine
- [29] Kulišić D., Matusinović Z: powerpoint prezentacija iz gradiva kolegija Tehnologija zaštite od požara i eksplozija, Karlovac, ak. godina 2017/2018.
- [30] www.vatrogasci-opatija.hr/wp-content/uploads/2017/03/Gorenje-i-gašenje-JVP-Opatija.pdf, powerpoint prezentacija, pristupljeno dana 02.05.2019. godine
- [31] www.jvp-samobor.hr/20/05/2014/eksplozija-plina-u-stambenoj-zgradi-samobor-gustava-krkleca-3, pristupljeno dana 10.05.2019. godine

11. POPIS PRILOGA

Popis slika

Slika 1. Dijagram krivulje zasićenja ukapljenog naftnog plina.[1]	6
Slika 2. Plinske boce.[15]	11
Slika 3. Vrste plinskih boca.[16]	12
Slika 4. Mala plinska boca.[17]	13
Slika 5. Plinska boca punjenja do 10 kg.[18]	14
Slika 6. Plinska boca punjenja do 35 kg.[19]	15
Slika 7. Glavni dijelovi plinske boce[20]	16
Slika 8. Aluminijska plinska boca.[21]	17
Slika 9. Kompozitna plinska boca.[4]	18
Slika 10. Skladištenje plinskih boca.[22]	21
Slika 11. Oznake opasnosti po ADR-u.[23]	24
Slika 12. Prijevoz plinskih boca.[24]	26
Slika 13. Ploča s opasnostima i UN broj.[25]	27
Slika 14. Listice opasnosti za plinove.[25]	28
Slika 15. Oznake za korištenje plinske boce.[16]	30
Slika 16. Proces gorenja.[27]	31
Slika 17. Simbola požara razreda C.[28]	37
Slika 18. Temperature pucanja stijenki boca s plinovima.[29]	41
Slika 19. Izgled plinske boce nakon eksplozije plina.[29]	42
Slika 20. Nekontrolirano zapaljenje plina.[30]	44
Slika 21. Deformacija plinske boce zbog zagrijavanja.[30]	46
Slika 22. Požar stana u Samoboru nakon eksplozije plina iz plinske boce.[31]	47
Slika 23. Razbacane stvari iz stana po prostoru ispred zgrade.[31]	50
Slika 24. Izgled stana s vanjske strane nakon ugašenog požara.[31]	51

Popis tablica

Tablica 1. Svojstva ukapljenog naftnog plina.[2]	4
Tablica 2. Tlak zasićenja po omjerima propana i butana prema temperaturi.[1]	7
Tablica 3. Svojstva trgovačkog ukapljenog naftnog plina.[1]	8
Tablica 4. Sigurna udaljenost od skladišta boca.[8]	20
Tablica 5. Značenje drugog i trećeg broja na ploči opasnosti.[26]	27

12. REFERENCE

- [1] **Strelec V:** Plinarski priručnik 6. Dopunjeno izdanje, Zagreb, Energetika marketing 2014.
- [2] **Strelec V:** Plinarski priručnik 6. Dopunjeno izdanje, Zagreb, Energetika marketing 2014.
- [3] **Strelec V:** Plinarski priručnik 6. Dopunjeno izdanje, Zagreb, Energetika marketing 2014.
- [4] **Strelec V:** Plinarski priručnik 6. Dopunjeno izdanje, Zagreb, Energetika marketing 2014.
- [5] Pravilnik o ukapljenom naftnom plinu, NN(117/2007)
- [6] **Grupa autora:** Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika, Zagreb, Hrvatska vatrogasna zajednica, 2006, ISBN:953-6385-16-3
- [7] **Grupa autora:** Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika, Zagreb, Hrvatska vatrogasna zajednica, 2006, ISBN:953-6385-16-3